UNTERSUCHUNG ÜBER DIE BILATERALE SYNCHRONIE DES OCCIPITALEN ALPHARHYTHMUS

Zeecam B. Hoovey

1972

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546016_0045

AUS DER ABTEILUNG FÜR NEUROPHYSIOLOGIE DER DEUTSCHEN
FORSCHUNGSANSTALT FÜR PSYCHIATRIE (Max-Planck-Institut)
München

UNTERSUCHUNG ÜBER DIE BILATERALE SYNCHRONIE DES OCCIPITALEN ALPHARHYTHMUS

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Zeecam B. H o o v e y
aus Pekalongan
(Indonesien)

München 1972

Mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter :	Prof.Dr. O.D.Creutzfeldt
Mitberichterstatter :	Prof.Dr. H.Hippius
Dekan :	Prof.Dr. W.Spann
Tag der mündlichen Prüfung :	21.11.72

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

DISSERTATIONS – und FOTODRUCK FRANK oHG
8000 München 2 · Gabelsbergerstr. 15 · Tel.: 2 80 90 90

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
EINLEITUNG	3
METHODIK	5
ERGEBNISSE	9
DISKUSSION	13
ZUSAMMENFASSUNG	18
LITERATURVERZEICHNIS	19
ABBILDUNGSLEGENDEN	21

Die Arbeit wurde auf Anregung von Prof. Dr. Otto Creutzfeldt durchgeführt, dem an dieser Stelle für die ständige Beratung gedankt sei.

Besonderen Dank schuldet der Autor Herrn Dr. Uwe Heinemann für die Ausarbeitung der Computerprogramme und Beratung bei den Computeranalysen.

Ausserdem danke ich der Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie, daß sie mir die Möglichkeit zur Durchführung dieser Arbeit gab.

Die bilaterale Koordination der Grundaktivität des EEG, insbesondere des α-Rhythmus, hat seit den Anfängen der Elektroencephalographie das Interesse vieler Untersucher angezogen. Adrian und Yamagiwa berichteten 1935 erstmals über eine enge interhemisphärische Phasenbeziehung des occipitalen α-Rhythmus. Quantitative Untersuchungen über die Beziehungen bilateraler EEG-Rhythmen wurden in grösserem Umfange allerdings erst möglich, nachdem elektronische und Computer-Methoden automatische Auswertungen ermöglichten. Unter Anwendung dieser Methoden wurde bei Tieren (Brazier & Barlow 1956, Bremer und Stoupel 1957, Bremer 1958, Meyerson 1968, Berlucchi 1968) sowie bei Menschen (Brazier und Casby 1952, Barlow 1961, Walter 1959, Cooper und Mundy-Castle 1960, Liske und Mitarb. 1967) die bilaterale Synchronie genauer untersucht. Es wurde bei diesen Arbeiten in der Regel stets die Methode der Kreuz-Korrelation angewandt, die jedoch nur ein Bild der durchschnittlichen Phasenbeziehung zwischen 2 Kurvenläufen zeigt. Eine genauere Analyse der bilateralen EEG-Beziehungen bei Katzen hatte jedoch ergeben, daß die Rechts-Links-Korrelation von homologen kortikalen Gebieten nur relativ locker ist, wobei zwar in der Regel das gleiche EEG-Muster rechts und links vorhanden war, jedoch die exakte Phasenbeziehung zwischen den einzelnen EEG-Potentialen stark streuen konnte (Singer und Creutzfeldt, 1969). Auch zeigte sich, daß das Corpus Callosum keine wesentliche Rolle für die bilaterale Koordination normaler EEG-Muster spielt.

Schon das einfache Betrachten von EEG-Kurven mit rascher Zeitauflösung z.B. auf einem Oscillographen zeigt, daß im Bereich des occipitalen α-Rhythmus die rechts-links Koordination durchaus wechseln kann, wobei bei einzelnen Versuchspersonen Strecken hoher bilateraler Synchronie mit Strecken geringer rechts-links Korrelation abwechseln können. Derartige Streuungen der Phasenbeziehungen treten bei der Kreuz-Korrelation-Analyse nicht unmittelbar in Erscheinung, sondern drücken sich hier nur in quantitativ schwer faßbarer Art in der Höhe des Korrelationskoeffizienten aus. Eine volle Synchronie zwischen den beiden Hemisphären wurde aber auch mit dieser Methode nicht gezeigt und es zeigte sich, daß die α-Aktivität entweder der linken oder der rechten Hemisphäre geringgradig führen konnte. Um einen tatsächlichen Eindruck der Rechts-Links-Beziehungen des α-Rhythmus zu gewinnen, ist es notwendig, die Phasenbeziehung zwischen jeweils einzelnen Wellen genauer zu untersuchen. Wir haben zu diesem Zweck ein Computer-Programm entwickelt, das es erlaubt, die Phasenbeziehung zwischen einzelnen rechts und links auftretenden α-Wellen zu bestimmen und die Phasendifferenzen sequentiell aufzutragen. Desgleichen erlaubte das Programm, die Amplituden einzelner α-Wellen der rechten und linken Hemisphäre zu messen und miteinander zu korrelieren. Diese Untersuchungen wurden durch die übliche Kreuz-Korrelationsanalyse ergänzt und die Ergebnisse der beiden Analysemethoden wurden miteinander verglichen.

Methodik:

Die Untersuchungen wurden an insgesamt 12 gesunden Versuchspersonen (VP) mit gut ausgeprägtem α-Rhythmus durchgeführt. Die VPn waren Studenten zwischen 20 und 28 Jahren, 10 waren Rechts- und 2 Linkshänder. Die VPn saßen während der EEG-Ableitung entspannt auf einem bequemen Stuhl und hatten die Augen geschlossen. Die occipitalen Ableitepunkte entsprachen der Lokalisation des 10/20-Systems. Um Einstreuung von Aktivitäten aus anderen Hirnregionen zu vermeiden, wurde unipolar gegen die Nasenwurzel abgeleitet. Die EEG-Registrierung erfolgte mit einem 16 Kanal-Schreiber (Schwarzer); während der Registrierung wurden die EEG-Potentiale gleichzeitig auf einem 8-kanäligen Honeywell-Magnet-Tonbandgerät gespeichert. Während der Tonbandaufnahme wurden die beiden occipitalen Kanäle mit einem Oscilloscop kontrolliert. Die Ableitung erfolgte mit einem Frequenzfilter von 70 Hz und einer Zeitkonstante von 0.3 sec.

Auswertung der EEG-Daten:

Die auf Band gespeicherten EEG-Kurven wurden vor der weiteren Analyse durch Rückspielen des Bandes auf Artefakte und Grundlinienschwankungen hin untersucht und gestörte EEG-Abschnitte wurden verworfen. Die gespeicherten Potentialverläufe wurden dann über einen Analog-Digital-Wandler digitalisiert und die digitalisierten Werte auf die Speicherplatte eines IBM 1130-Computers übertragen. Die Digitalisierung erfolgte mit einer Schrittweite von 1 msec. Da immer die Registrierungen von 2 korrespondierenden EEG-Ableitungen rechts und links gleichzeitig abgeleitet wurden, ergab sich für jede einzelne Kurve eine Auflösung

von 2 msec - Schritten. In einem weiteren Untersuchungs-Abschnitt konnten die auf der Platte abgespeicherten Daten sektorenweise abgerufen und auf dem Monitorscope des Computers abgebildet werden. Jeder EEG-Abschnitt erschien dann als eine Serie von Punkten auf dem Oscillographen (siehe Abb. 2 B). Es konnten jeweils 320 msec eines EEG-Abschnittes dargestellt werden. Mittels eines Schalters konnten aufeinanderfolgende Kurvenstücke nacheinander dargestellt werden. Ein anderer Schalter erlaubte, ein auf dem Oscillographen dargestelltes Kurvenstück entweder von der Analyse auszuschliessen oder zur weiteren Berechnung in den Kernspeicher zurückzuspeichern. Die Versuchsanordnung ist schematisch in Abb. 1 dargestellt.

Programm zur differenzierten α-Analyse:

Für die vorliegende Arbeit war es notwendig, aus einem fortlaufend abgespeicherten EEG die Höhe der α-Gipfel und die Gipfelzeit zu bestimmen. Eine Schwierigkeit ergab sich durch die Überlagerung der α-Wellen von Schwingungen höherer Frequenz wie Muskelartefakte oder 50 Hz-Einstreuungen. Zu diesem Zwecke wurden die Kurven vor der weiteren Analyse geglättet. Als nächstes wurde der mittlere Potentialwert eines zu analysierenden Kurvenstückes bestimmt und dieser Potentialwert als Nullinie definiert. Bevor eine Potentialschwankung bei der weiteren Analyse als α-Welle definiert wurde, mußten verschiedene Bedingungen erfüllt sein:

1. Die Potentialschwankung mußte einen Minimalwert überschreiten ("α-Schwelle"). Diese α-Schwelle wurde mit Hand eingegeben und war in der Regel definiert durch die halbe mittlere Amplitude von α-Wellen während eines längeren Analyseabschnittes.

2. Der Abstand zwischen zwei Gipfeln mußte im α-Frequenzbereich liegen (entsprechend 70-125 msec).

Der α-Gipfel selbst wurde in folgender Weise bestimmt: Wenn Amplitudenwerte die eingestellte Schwelle überschritten, wurde die Steigung der Potentialschwankung bestimmt. Der Umschlag von einer positiven zu einer negativen Steigung wurde als vorläufiger Gipfel vom Computer vermerkt und das oberhalb der Schwellenlinie liegende Kurvenstück wurde weiter nach Umschlagspunkten untersucht. Der Umschlagpunkt mit der höchsten Amplitude wurde als α-Spitzenwert anerkannt und in einem Array des Computers abgespeichert, wenn sein Abstand von dem vorhergehenden α-Spitzenwert die Bedingung 2 erfüllte (vgl. Abb. 1b). Die Gipfel der Minimalwerte wurden in derselben Weise bestimmt und auch gespeichert. Auf diese Weise wurde die Gipfel-Gipfel-Amplitude jeder α-Welle gemessen und gespeichert. Anschliessend wurde die zeitliche Differenz der Gipfel von korrespondierenden linken und rechten α-Wellen berechnet.

Die Kreuz-Korrelation wurde in der üblichen Weise nach der Formel

$$r_K = \frac{(N-k)\sum_{i=1}^{N-k} x_i y_{i+k} - \left(\sum_{i=1}^{N-k} x_i\right)\left(\sum_{j=k+1}^{N} y_j\right)}{\sqrt{\left[(N-k)\sum_{i=1}^{N-k} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{N-k} x_i\right)^2\right]\left[(N-k)\sum_{j=k+1}^{N} y_j^2 - \left(\sum_{j=k+1}^{N} y_j\right)^2\right]}}$$

bestimmt. Die Verschiebeintervalle waren 2 msec und die Zahl der Verschiebeschritte minimal 30 und maximal 100. Kreuzkorrelationsanalysen wurden jeweils an Kurvenstükken von 0.5 - 7 sec. Länge durchgeführt.

Die Daten konnten ausgedruckt oder gezeichnet werden.

Ergebnisse:

Die visuelle Analyse der EEG-Registrierung vermittelt den Eindruck, als würde sich die Phasenbeziehung der α-Wellen von homologen Registrierungspunkten nicht signifikant verändern (Abb. 2a). Anfang und das Ende einer α-Spindel können in den beiden Hemisphären zwar gering variieren, aber eine unilaterale α-Aktivität besteht in der Regel nur für kurze Zeit. Bei den meisten Individuen treten lange Folgen von α-Aktivitäten meistens bilateral auf und bei Erwachsenen sind Ausnahmen von dieser Regel selten. Ausgedehnte Kurven weisen eine beträchtliche Variabilität der Phasenbeziehung zwischen individuellen α-Wellen auf (Abb. 2b). Der Grad und die Folge dieser Veränderungen variieren von einem Individuum zum anderen (vgl. VP 5 und VP 11 in Abb. 2b).

Bei 12 VP variierte der durchschnittliche interhemisphäre Unterschied der linken und rechten Gipfel der α-Wellen zwischen $\pm$ 2.5 msec (Tab. 1). Die Einzel-Werte schwanken mit einigen Ausnahmen um den Mittelwert etwa in Übereinstimmung mit einer Normalverteilung (Abb. 3a und 3b). Entsprechend wichen die Modal-Werte der Histogramme nur um einige msec von dem Mittelwert ab (Tab. 1).
Aber es besteht bei den verschiedenen Individuen eine beträchtliche Variabilität der Standardabweichungen (σ) von den Mittelwerten. In Tab. 1 sind alle Werte verschiedener Individuen in einer Reihe entsprechend der σ-Größe dargestellt. Es besteht keine Korrelation zwischen

dem Mittelwert und σ .

Die Grösse der Standardabweichung (σ) kann als Maß für die interhemisphäre Synchronie des α -Rhythmus genommen wer den. Man kann die Hypothese aufstellen, daß der Grad der Rechts-Links-Synchronie ausdrückt, inwieweit die α -Generatoren beider Hemisphären miteinander gekoppelt sind. Wenn diese Annahme richtig ist, so sollte die Amplituden-Korrelation der α -Wellen in der rechten und linken Hemisphäre bei Fällen mit starker Synchronie (kleines σ) grösser sein und bei Fällen mit geringer Synchronie (grosses σ) kleiner. Um diese Hypothese nachprüfen zu können, wurden die Amplituden der entsprechenden α -Wellen der linken und rechten Hemisphäre verglichen. Abb. 3C & D zeigen die interhemisphären Amplitudenkorrelation von simultanen linken und rechten α -Wellen bei zwei Individuen. Die Daten stammen von denselben Individuen und aus den gleichen Analyseperioden, wie die Histogramme der rechts-links Gipfel-Differenzen über den jeweiligen Amplituden-Diagrammen. Im Falle der kleinen Streuung war die Amplituden-Korrelation hoch und im Falle der hohen Streuung war die Amplituden-Korrelation niedrig.

Die Korrelations-Koeffizienten der rechten und linken α - Amplituden variierten zwischen 0.14 und 0.8 bei den verschiedenen Individuen (Mittelwert 0.6, Tab. 1). Der Amplituden-Koeffizient war über 0.5 bei 7 von 12 Subjekten und bei den restlichen 5 unter 0.5. Die Korrelation zwischen

der bilateralen Amplituden-Korrelation und den Standard-Abweichungen der bilateralen α-Intervalle ($\hat{=}$) für die gesamte Gruppe von 12 Individuen war mit -0.82 hoch (Abb. 4.)

Aus den digitalisierten und in die Länge gezogenen Ableitungen in Abb. 2 B (VP 5) ist ersichtlich, daß die Rechts-Links-Gipfel-Differenzen zwischen positiven (rechte Hemisphären-Führung) und negativen Werten variieren können. Zum Zwecke einer genaueren Analyse wurden die Gipfel-Differenzen sequentiell dargestellt (Abb. 5). Es ist erkennbar, daß die Führung der einen und anderen Hemisphäre in unregelmässigen Zeitintervallen wechselte, ohne daß eine klare Periodizität erkennbar war (Abb. 5 A). Bei anderen Individuen war die α-Aktivität der einen Hemisphäre fast dauernd in Führung, doch wechselte die Grösse des Führungsintervalls und gelegentlich konnten für kurze Intervalle (2-3 α-Wellen), die α-Wellen der anderen Hemisphäre vorausgehen (Abb. 5 B). Wie bereits erwähnt (Tab. I), überschreiten die absoluten Werte der Gipfel-Differenzen nie 20 msec.

Es könnte sein, daß die Gipfel-Differenzen-Werte, wie sie in unserem Computer-Programm bestimmt wurden, ein falsches Bild der tatsächlichen Phasen-Position einer α-Welle geben. Der Grund hierfür könnte darin liegen, daß die α-Wellen keine ideale Sinus-Funktion aufweisen, und daß Unregelmässigkeiten im Gipfelbereich von individuellen α-Wellen, z.B. infolge von überlagerten Nicht-α-Frequenzen, ein falsches Bild der aktuellen Phasen-Variation geben.

Aus diesem Grund haben wir ausserdem die Kreuz-Korrelations-Analyse von aufeinanderfolgenden 0.5 sec Perioden des rechten und linken EEG berechnet. Die in Abb. 6 gezeigte Analyse zeigt variable Phasen-Differenzen. Die zeitliche Variation der Korrelationsmaxima zeigt die gleiche Grössenordnung wie jene, welche durch die Gipfel-Differenz-Methode gemessen wurden. Wenn jedoch längere Perioden korreliert wurden (8 - 10 sec und mehr), so variieren die Kreuz-Korrelations-Maxima nur um einige msec um den Null-Wert, was mit früheren Ergebnissen der Kreuz-Korrelations-Analyse übereinstimmt (Brazier & Barlow 1956, Liske et al 1967).

Diskussion:

Die Resultate dieser Untersuchung zeigen, daß die interhemisphäre Phasenbeziehung individueller α-Wellen bis zu $\pm$ 20 msec variieren können, doch lag der Mittelwert für alle VPn bei $\pm$ 2.5 msec. Die Standard-Abweichungen der Mittelwerte unterschieden sich bei verschiedenen Individuen und waren eng mit der interhemisphären Amplituden-Korrelation von simultan abgeleiteten α-Wellen korreliert. Am überraschendsten war, daß die Intervalle zwischen rechten und linken α-Gipfeln vorzugsweise mit einer Periodizität von mehreren Sekunden wechselten.

Wenn das EEG mit linearen Methoden (Fourier-Auto- und Kreuz-Korrelation) analysiert wird, werden nicht-lineare Abweichungen nicht als solche erkannt. Ein weiterer Fehler bei solchen Methoden liegt darin, daß Perioden mit verschiedenen EEG-Mustern (α-, β-, δ-Perioden) wahllos miteinander korreliert werden. Eine Methode wie die in dieser Arbeit verwendete, welche keine mathematischen Voraussetzungen über die dem EEG zu Grunde liegenden Mechanismen macht, kann bei der Analyse die einzelnen EEG-Muster klar unterscheiden. Formal sind jedoch die Resultate dieser Untersuchung mit der Kreuz-Korrelation und Kohärenz-Analyse vergleichbar. Folglich sind die Mittelwerte der interhemisphären α-Differenzen dieselben wie die Koeffizienten der Kreuz-Korrelation und die Kohärenz-Koeffizienten früherer

Untersuchungen (Liske 1967, Brazier & Casby 1952, Walter et al 1966). Die Grösse der Korrelations-Koeffizienten gilt als Maßstab für den Grad der Korrelation zwischen den korrelierten Vorgängen, aber die Zeit-Struktur der Phasendifferenz und die Kovarianz der beiden Vorgänge war durch Anwendung der linearen Methoden nicht erkennbar.

Der Mechanismus der interhemisphären Synchronie der α-Wellen weist ein Problem auf, über das schon mehr als 30 Jahre diskutiert wird. Adrian & Yamagiwa (1935) vermuteten 2 unabhängige Generatoren in den beiden Hemisphären, und Bremer (1958) nahm an, daß der α-Rhythmus der beiden Hemisphären durch das Corpus Callosum gekoppelt wird. Vor kurzem durchgeführte Tierversuche zeigten im Gegensatz zu führeren Studien (Bremer & Stoupel 1957) Berlucchi 1966), daß die bilaterale Synchronie durch Callosektomie nicht signifikant beeinflußt wurde (Bantini et al. 1967, Meyerson 1968, Singer and Creutzfeldt 1969). Auch beim Menschen wiesen Studien der α-Synchronie bei Patienten mit Agenesie des Corpus Callosum keine grössere Rechts-Links "Desynchronierung" als bei Normalen auf (Aird & Garoutte 1958, Green & Russel 1966). Diese Untersuchungen lassen vermuten, daß das Corpus Callosum nicht für die interhemisphäre Synchronie verantwortlich ist.

Die Resultate tragen nicht viel zu der Diskussion über die der interhemisphären α-Synchronie zu Grunde liegenden Mechanismen bei. Die Ergebnisse geben nur an, daß die α-Generatoren bei beiden Hemisphären nicht unabhängig sind und daß der Grad der interhemisphären Kopplung interindividuelle Unterschiede aufweist. Die insgesamt starke interhemisphäre Kopplung ist vergleichbar mit dem Phänomen der absoluten Koordination, die E.v. Holst bei Fischen als einen Sonderfall von Bewegungs-Koordination verschiedener Flossen beschrieben hat. Die relative Koordination, die die häufigste Art der motorischen Flossen-Koordination darstellt, konnte beim menschlichen α-Rhythmus nicht beobachtet werden.

Man wird auf Grund der absoluten Koordination rechter und linker α-Wellen annehmen müssen, daß in den subcorticalen α-Generatoren der beiden Hemisphären ein Kontrollmechanismus vorhanden ist, der das Auftreten einer Phasendifferenz von mehr als 20 msec bei den α-Wellen in den 2 Hemisphären verhindert. Wenn die interhemisphärischen Phasen-Unterschiede zu groß werden, sorgt dieser Kontrollmechanismus dafür, daß beide Generatoren wieder in Phasen gezogen werden. Dies mag plötzlich durch einen Phasensprung in einem Generator entsprechend der Dauer einer halben α-Periode oder stufenweisei erfolgen - in letzterem Fall kann eine periodische Veränderung der interhemisphärischen Phasenbeziehung resultieren, wie sie in Abb. 2 B dargestellt ist.

Die interhemisphärische Synchronie kann mit dem Einhalten des Taktes bei Kammermusikern oder mit dem Schritthalten einer marschierenden Gruppe verglichen werden. Auch in diesen Fällen werden verschiedene Grade von gleitenden "Phasendifferenzen" beobachtet. Wenn ein Individuum ganz aus dem Gleichschritt oder Takt gekommen ist, wird es versuchen, durch einen "Phasensprung" wieder in Gleichtakt oder -schritt mit dem Rest der Gruppe zu kommen. Solche ein Vergleich sagt zwar nichts über den tatsächlichen Mechanismus aus, der der interhemisphärischen Synchronisation zu Grunde liegt. Der Vergleich kann aber als Beispiel für einen Regelvorgang genommen werden, bei dem verschiedene Zeit-Signal-Generatoren (die Musiker oder die Soldaten) durch ein Feedback-System synchronisiert werden. Die Sensoren für den Gleichtakt oder -schritt liegen auf der Generatorseite und nicht am ausführenden Ende des Generators, d.h. in den Armen der Musikgruppe oder den Beinen der Marsch-Gruppe. Auf das Beispiel der bilateralen EEG-Synchronisation übertragen, wäre der Synchronisationsfühler nicht am Effektorende der α-Generatoren zu suchen, also nicht in den Verbindungen der beiden Hirnrinden. Wir hatten oben festgestellt, daß das Corpus Callosum tatsächlich offenbar wenig mit der bilateralen α-Synchronisation zu tun hat. Vielmehr wird man, um im Beispiel zu bleiben, bilaterale Synchronisationsfühler in den Generatoren der α-Rhythmus des Thalamus selbst oder noch tiefer im Hirnstamm zu suchen haben. Das Corpus Callosum ist ein schlechtes Substrat für einen solchen Synchronisationsmechanismus, da hierdurch

nur die passiven Endpunkte des schwingenden Systems, also die beiden Cortices, verbunden sind, aber nicht die subcorticalen Schwingungsgeneratoren selbst (s. Creutzfeldt 1971).

Zusammenfassung

1) Die interhemisphärische Synchronie von γ -Wellen, die monopolar von korrespondierenden occipitalen Punkten registriert wurden, wurde gemessen, indem die Intervalle zwischen den Gipfeln von gleichzeitig rechts und links registrierten α -Wellen bestimmt wurden. Die Ergebnisse wurden ergänzt durch Kreuzkorrelationsanalyse von kurzen (0.5 sec), aufeinanderfolgenden Registrierabschnitten.

2) Die Mittelwerte der interhemisphärischen Gipfelunterschiede lagen zwischen $\pm$ 2.5 msec, doch variierten die Werte für individuelle bilaterale α -Paare erheblich (Bereich $\pm$ 20 msec). Die Standardabweichung der mittleren interhemisphärischen α -Intervalle kann als Maß der Synchronie der beiden Hemisphären gewertet werden. Sie zeigt große Unterschiede zwischen verschiedenen Individuen (s. Tabelle I).

3) Bei Individuen mit guter α -Synchronie (kleine Standardabweichung) ist auch die Amplitudenkorrelation zwischen gleichzeitig registrierten rechten und linken α -Wellen hoch; und umgekehrt.

4) Während längerer Registrierperioden variieren Rechts-Links-Intervalldifferenzen kontinuierlich, wobei für eine Zeit die eine, für die nächste die andere Hemisphäre führte. Derartige Perioden dauern mehrere Sekunden (3-5 sec).

LITERATURVERZEICHNIS

ADRIAN, E.D. and YAMAGIWA, K.: The origin of the Berger rhythm. Brain 58: 323-351 (1935)

AIRD, R.B. and GAROUTTE, B.: Studies on the "cerebral pacemaker". Neurology 8: 501-589 (1958)

BANTINI, C., RADULOVACKI, M., KADO, R.T. and ADEY, W.R.: Effect of interhemispheric transection on the EEG patterns in sleep and wakefulness in monkeys. Electroenceph. clin. Neurophysiol. 22: 101-112 (1967)

BARLOW, J.S.: Autocorrelation and cross-correlation technique in EEG analysis. Electroenceph. clin. Neurophysiol. suppl. 20: 31-36 (1961)

BERLUCCHI: G.: Electroencephalographic studies in "Split Brain" cats. Electroenceph. clin. Neurophysiol. 20: 348-356 (1966)

BRAZIER, M.A.B. and BARLOW, J.S.: Some applications of correlation analysis to clinical problems in electroencephalography. Electroenceph. clin. Neurophysiol. 8: 325-331 (1956)

BRAZIER, M.A.B. and CASBY, J.U.: Cross-correlation and autocorrelation studies in electroencephalographic potentials. Electroenceph. clin. Neurophysiol. 4: 201-211 (1952)

BREMER, F.: Physiology of the Corpus Callosum. Proc. Ass. Res. nerv. ment. Dis. 36: 424-448 (1958)

BREMER, F et STOUPEL, N.: Recherche d'une partecipation du corps calleux au méchanisme de la synergie bioélectrique des hémisphères cérébraux. J. Physiol.(Paris) 49: 66-67 (1957)

COOPER, R. and MUNDY-CASTLE, A.C.: Spatial and temporal characteristic of the alphy rhythm: a toposcopic analysis. Electroenceph. clin. Neurophysiol. 12: 153-165 (1960)

CREUTZFELDT,O.: Neurophysiologische Grundlagen des Elektroencephalogramms in: Neuropsychologie S. 15-39, herausgegeben von M. Haider, Hans Huber, Bern, Stuttgart, Wien (1971)

GAROUTTE, B. and WEDELL, W.J.: The electroencephalogram in cases of agenesis of the corpus callosum. Electroenceph. clin. Neurophysiol. 10: 187 (1958)

GREEN, J.B. and RUSSELL, D.J.: Electroencephalografic asymmetry with midline cyst and deficient corpus callosum. Neurology (Minneap.) 16: 541-545 (1966)

HOLST, E.V.: Die relative Koordination als Phänomen und Methode zentralnervöser Funktionsanalyse. Erg. Physiol. 42: 228-306 (1939)

LISKE, E. HUGHES, H.M. and STOWE, D.E.: Cross-correlation of human alpha activity: normative data. Electroenceph, clin. Neurophysiol. 22: 429-436 (1967)

MARTINIUS, J. and HOOVEY, Z.B.: Bilateral synchrony of occipital alpha waves, oculomotor activity and "attention" in children. An experimental study. In prep.

MARTINIUS, J., HOOVEY, Z.B., HEINEMANN, U. and WEINMANN, H.M.: Interhemispheric phase-relationship of occipital alpha-waves in children. Electroenceph. clin.Neurophysiol. 30: 262 (1971)

MEYERSON, B.A.: Ontogeny of interhemispheric functions: an electrophysiological study in pre- and postnatal sleep. Acta physiol. Scand. Suppl. 312 (1968)

SINGER, W. and CREUTZFELDT, O.D.: Die Bedeutung der Vorderhirnkommissuren für die Koordination bilateraler EEG-Muster. Exp. Brain Res. 7: 195-213 (1969)

WALTER, D.O., RHODES, J.M., BROWN, D. and ADEY, W.R. : Comprehensive spectral analysis of human generators in posterior cefebral regions. Electroenceph. clin, Neurophysiol. 20: 224-237 (1966)

Abb. 1: Schematische Darstellung der Daten-Analyse

A: Anordnung der Versuchsanordnung.

B: Verlauf einer EEG-Registrierung. Die Original-Registrierung (oberes Bild) wird digitalisiert (Analyseschritte 2 msec für jede Kurve) und aufeinanderfolgende Datenblöcke von 320 msec Länge gespeichert. Im 2. Schritt werden die Kurven geglättet und die Null-Linie (fortlaufende horizontale Linie) wird berechnet. Die Registrierungen werden dann am Computer-Oscilloscop dargestellt und die Schwelle (gebrochene Linie) wird festgesetzt, entsprechend etwa der halben Mittelwert-Amplitude der α -Wellen. Die α -Gipfel und die Intervalle zwischen aufeinanderfolgenden Gipfeln werden automatisch bestimmt. Auf Grund ihrer Länge werden α -Wellen als solche erkannt. In den End-Schritten werden die Intervalle zwischen den Gipfeln von α -Wellen-Paaren, die simultan in der rechten und linken Hemisphäre registriert werden, berechnet.

Abb. 2: Original-EEG-Registrierung (A) und digitalisierte Registrierung (B) von verschiedenen Versuchspersonen

A: Ableitung eines EEG-Abschnittes von korrespondierenden occipitalen Ableitepunkten (O_1, O_2, monopolare Ableitung gegen die Nase). Beachte die geringen Unterschiede der Länge der rechten und linken α -Gruppen.

B: Linke und rechte Ableitung sind superponiert. Die Registrierungen zwischen den Pfeilen entsprechen einem Datenblock von 320 msec Länge. Der mit Punkt bezeichnete Pfeil der unteren Registrierung zeigt einen "Phasensprung" von ca. einer halben α -Periode.

Abb. 3: Streuungen von Gipfel-Intervallen (A,B) und Korrelation von Amplituden (C,D) von einzelnen α-Wellen-Paaren der rechten und linken Occipitalregion.

A und B: Werte zweier verschiedener Versuchspersonen. Abszisse: Intervall zwischen Gipfel-Werten und bilateralen α-Paaren. Plus-Werte: rechte Hemisphäre führt. Minus-Werte: linke Hemisphäre führt. Ordinate: Grösse der Intervalle (msec). Der Intervall-Mittelwert mit Standard-Abweichung wird im oberen Teil der Histogramme geschrieben. Diagramm A zeigt ein Beispiel von bilateral gut "synchronisierten" α-Wellen (enge Streuung, relativ kleines σ), während in B die Intervalle eine weite Streuung (grosses σ) aufweisen.

C und D: Amplituden-Korrelation von simultanen registrierten α-Wellen-Paaren derselben Versuchspersonen (A/C; B/D). Abszisse: Amplitude der linken, Ordinate: Amplitude der rechten α-Welle je eines Paares. r_K ist der Korrelationskoeffizient. Beachte die hohe Amplituden-Korrelation bei guter Synchronie im Beispiel A/C und die niedrige Amplituden-Korrelation bei schlechter Synchronie im Beispiel B/D.

Abb. 4: Korrelation zwischen bilateraler α -Synchronie und Amplituden-Koherenz bei 12 Versuchspersonen

Abszisse: Standardabweichung (σ) vom Mittelwert der bilateralen Gipfel-Differenzen von α -Paaren.

Ordinate: Koeffizient (r_{KAmp}) der Amplituden-Korrelation zwischen α -Paaren der rechten und linken Hemisphäre. Die Amplituden-Korrelation ist höher wenn die Phasen-Abweichung niedrig, also die Synchronie hoch, ist.

Abb. 5: Bilaterale Gipfeldifferenzen (oben) und Amplituden von aufeinanderfolgenden α -Wellen

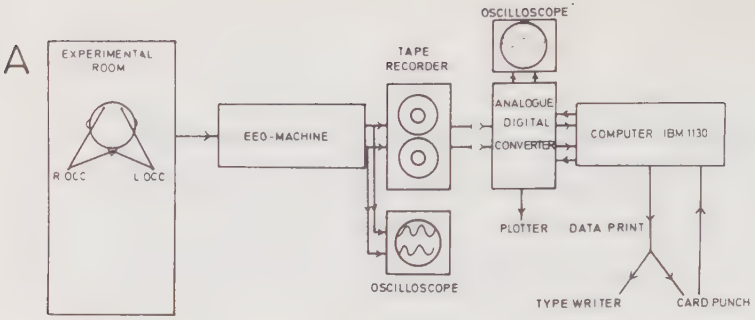
A und B: Zwei verschiedene VP.

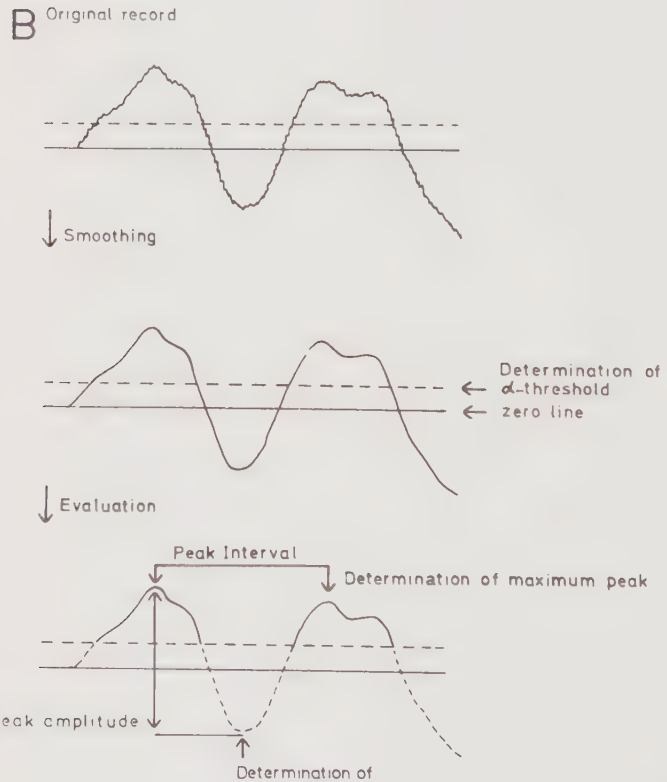
Abszisse: Zeit.

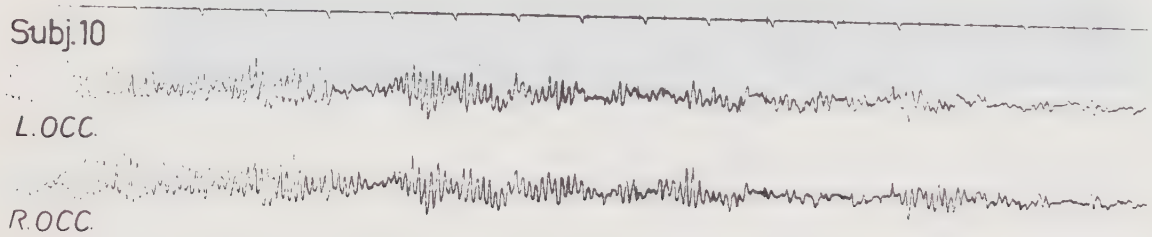
Ordinate der oberen Diagramme: Gipfel-Differenz in msec (+ rechte Hemisphäre führend, - linke Hemisphäre führend).

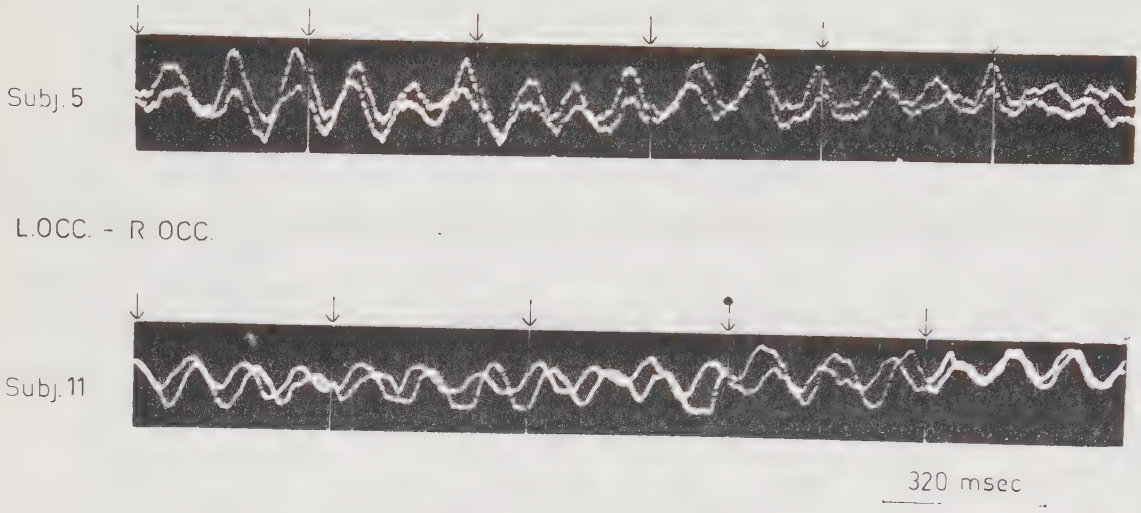
Ordinate der unteren Diagramme: Amplitude (relative Werte) von linken (Ampl.L) und rechten (Ampl.R) α -Wellen.

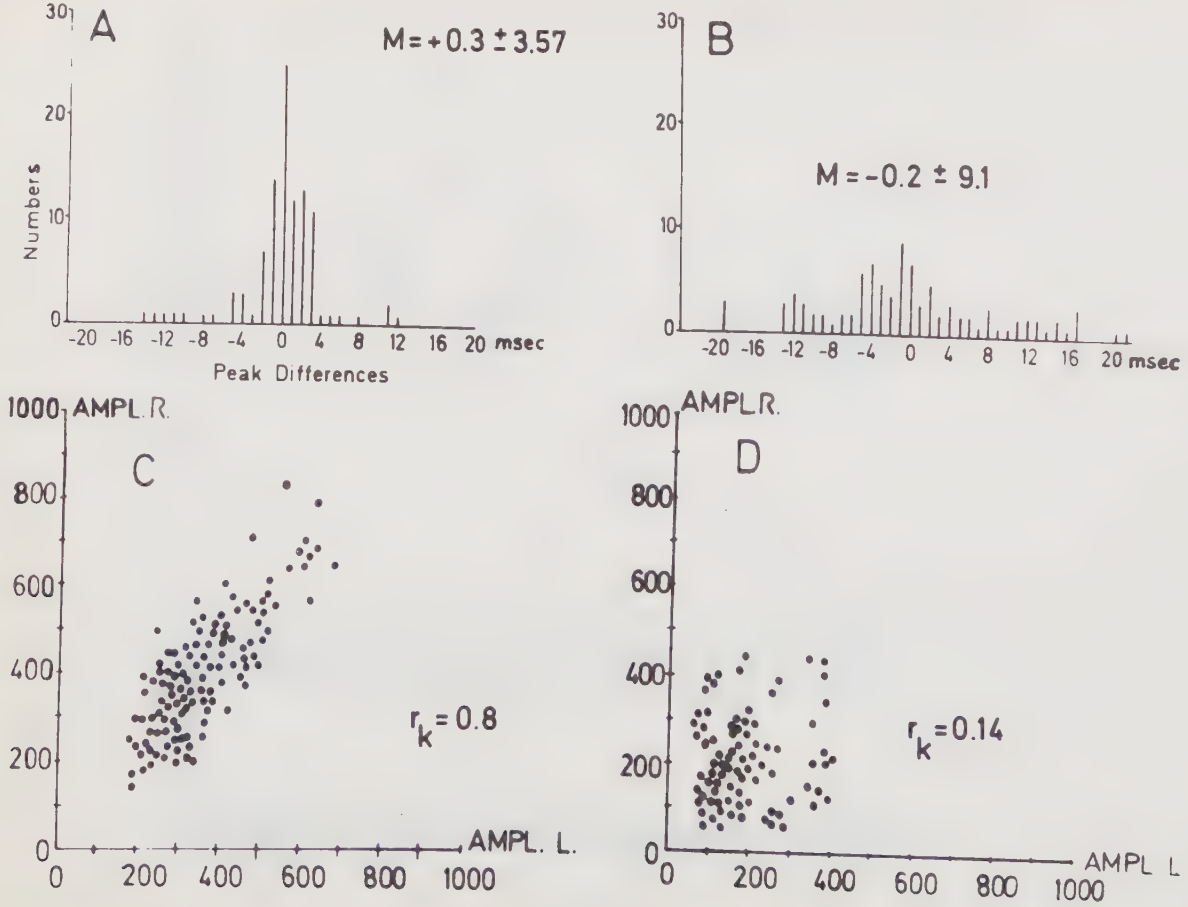
Tabelle 1: Zusammenfassender Überblick der Daten von 12 Personen. Die Personen wurden entsprechend der Grösse der Standard-Abweichung des Mittelwertes der Rechts-Links-Intervalle angeordnet.

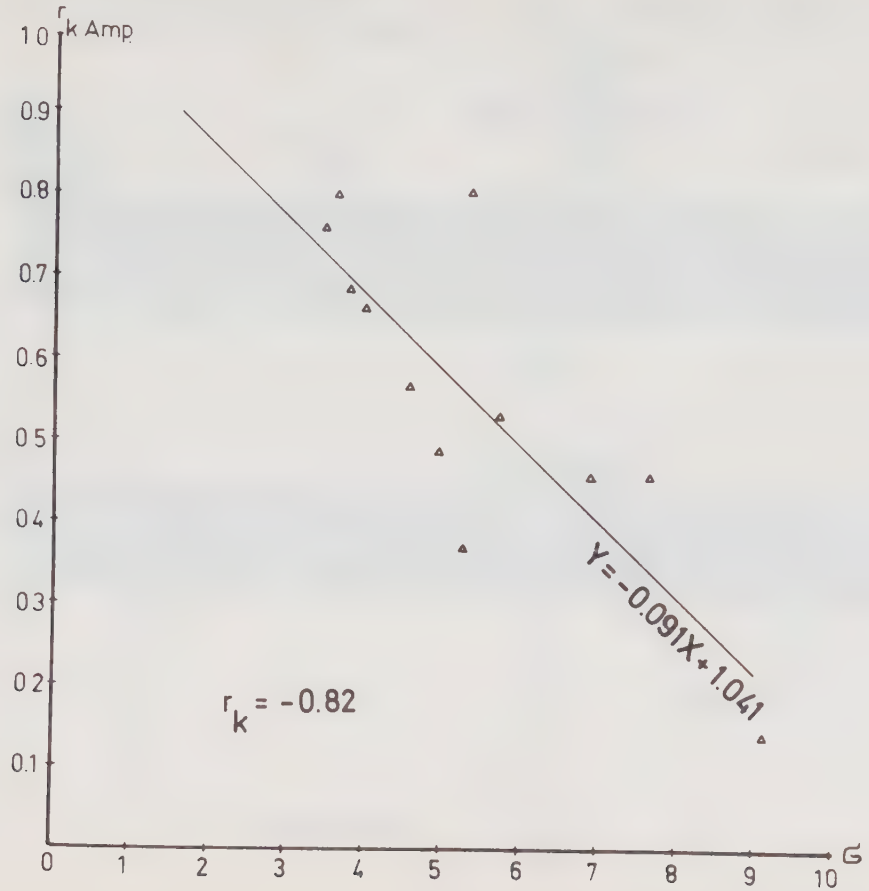

A
EXPERIMENTAL ROOM
R OCC
L OCC
EEG-MACHINE
TAPE RECORDER
OSCILLOSCOPE
OSCILLOSCOPE
ANALOGUE
DIGITAL
CONVERTER
COMPUTER IBM 1130
PLOTTER
DATA PRINT
TYPE WRITER
CARD PUNCH

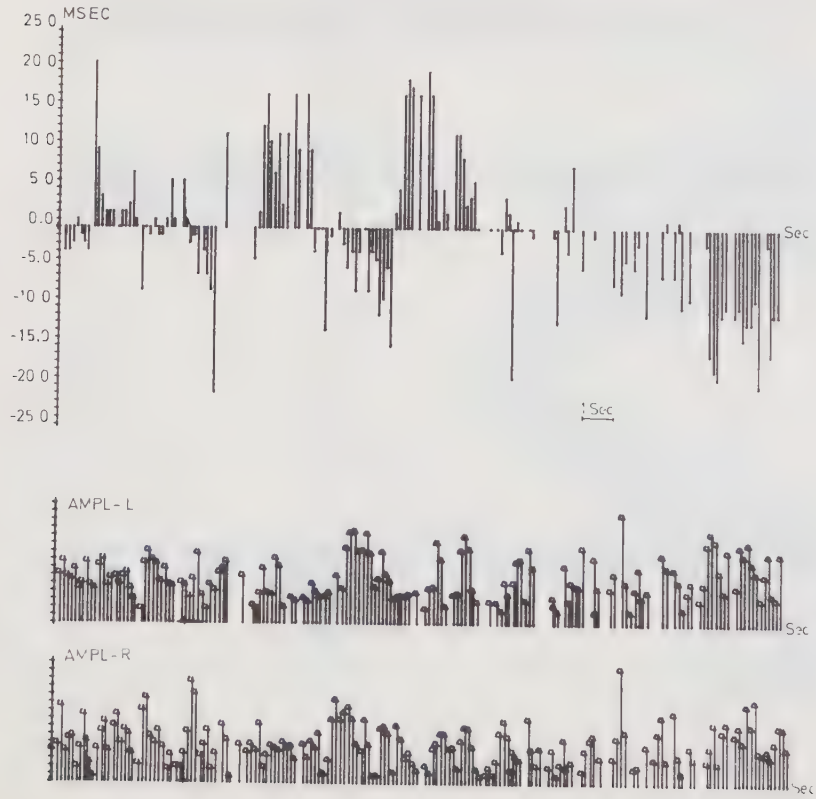

B
Original record
Smoothing
Determination of
α-threshold
zero line
Evaluation
Peak Interval
Determination of maximum peak
Peak amplitude
Determination of
minimum peak

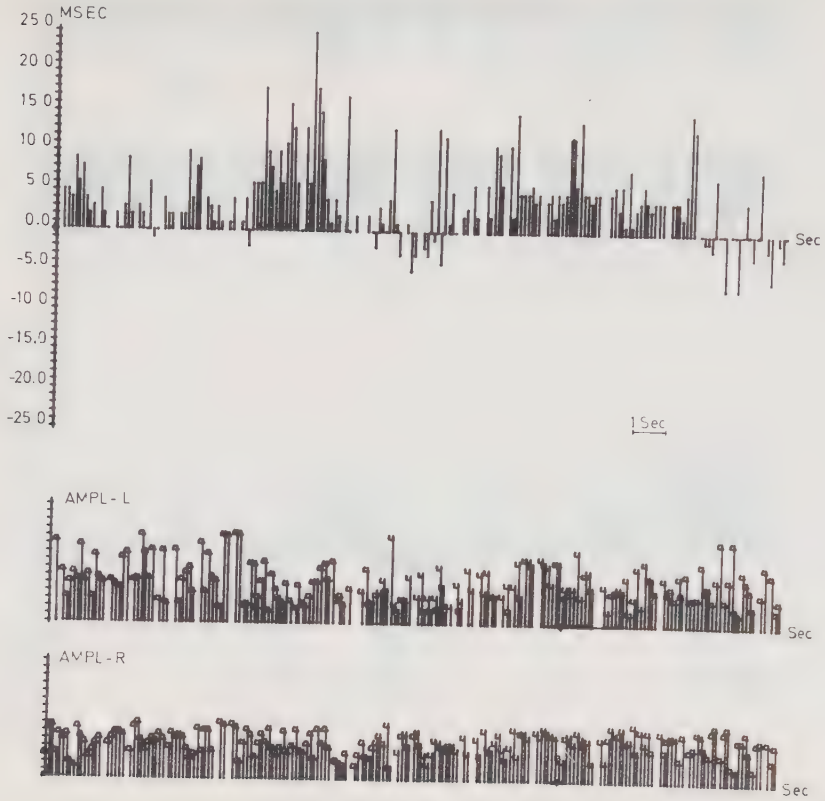

Subj. 10
L. OCC.
R. OCC.

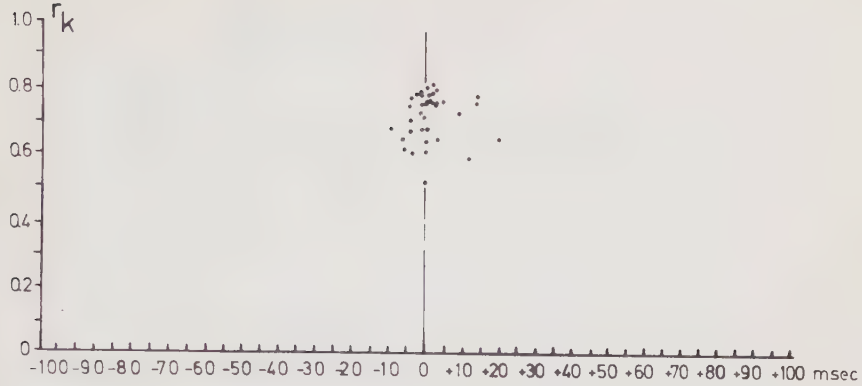

Subj. 5
L.OCC. - R OCC.
Subj. 11
320 msec


A
M = + 0.3 ± 3.57
Numbers
30
20
10
0
-20 -16 -12 -8 -4 0 4 8 12 16 20 msec
Peak Differences
B
M = -0.2 ± 9.1
-20 -16 -12 -8 -4 0 4 8 12 16 20 msec
C
AMPL. R.
1000
800
600
400
200
0
AMPL. L.
0 200 400 600 800 1000
$r_k = 0.8$
D
AMPL R.
AMPL L
$r_k = 0.14$


r k Amp
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
G
Y = -0.091X + 1.041
r k = -0.82


25 0
MSEC
20 0
15 0
10 0
5 0
0.0
-5.0
-10 0
-15.0
-20 0
-25 0
Sec
1 Sec
AMPL - L
Sec
AMPL - R
Sec


MSEC
25 0
20 0
15 0
10 0
5 0
0.0
-5.0
-10 0
-15.0
-20.0
-25 0
Sec
1 Sec
AMPL - L
Sec
AMPL - R
Sec


1.0
r_k
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-100 -90 -80 -70 -60 -50 -40 -30 -20 -10 0 +10 +20 +30 +40 +50 +60 +70 +80 +90 +100 msec

1.0
r_k
0.8
0.6
0.4
0.2
0

Abb. 6

TABELLE I

a VP	b Händigkeit	c Mittelwert in msec.	d Streuung	e Modalwert in msec.	f Bereich in msec.	g Relative Häufigkeit der Hemisphärenführung R %	O %	L %	h Amplituden-Mittelwert der Alpha-wellen		i Amplitudenkorrelation (r_k) der linken und rechten Alpha-Wellen
1	R	-0.2	9.10	-1	-19 to +22	37	7	56	81	79	0.14
2	R	-0.7	5.53	+1	-20 " +21	55	15	30	53	57	0.37
3	R	+1.1	7.62	-2	-20 " +31	17	20	63	83	74	0.46
4	R	+1.5	6.86	-1	-28 " +29	59	8	33	73	71	0.46
5	R	-2.5	4.92	-2	-19 " +11	20	5	75	73	71	0.49
6	R	+1.3	5.69	-1	-14 " +18	50	11	31	57	52	0.53
7	R	+0.2	4.94	+1	-20 " +16	7	5	45	75	76	0.57
8	R	+2.3	3.94	+2	- 9 " +15	80	10	10	79	84	0.66
9	L	+0.2	3.76	0	-14 " +10	50	2	38	59	63	0.68
10	L	-1.7	3.42	-2	-17 " + 8	13	9	78	84	74	0.76
11	R	+0.3	3.57	0	-14 " +12	43	25	35	68	68	0.79
12	R	+1.5	5.29	0	-13 " +14	73	18	9	79	84	0.80
Mittelwert	83% R 17% L	+0.3	5.33	-0.41	-17 " +17	45	12	43	71	70	0.56

+ = rechtsführend - = linksführend

L E B E N S L A U F

Ich, Zeecam B. Hoovey, wurde als Sohn des Kaufmanns King Ie Hoovey und dessen Ehefrau Kim Kiet, geborene Liem, am 21. Februar 1943 in Pekalongan (Indonesien) geboren.

Von 1950 - 1956 besuchte ich die Volksschule "Jajasan Pius" in Pekalongan;

" 1956 - 1959 die Mittelschule "Jajasan Pius", Pekalongan;

" 1959 - 1962 das Gymnasium "SMA Negeri" ebenfalls in Pekalongan;

" 1962 - 1964 die Technische Fakultät der katholischen Universität "Parahyangan" in Bandung, (Fachrichtung Bauwesen);

" 1965 - 1966 das Studienkolleg München.

Im Sommersemester 1966 begann ich an der Ludwig-Maximilian-Universität in München das Studium der Medizin, an der ich am 22. Dezember 1971 das Medizinische Staatsexamen ablegte.